



TITLE:

超高壓に就て（第一報）超高壓瓦斯壓縮機並に反應管の製作に就て

AUTHOR(S):

歸山, 亮

---

CITATION:

歸山, 亮. 超高壓に就て（第一報）超高壓瓦斯壓縮機並に反應管の製作に就て. 物理化學の進歩 1945, 19(1): 1-11

ISSUE DATE:

1945-01-30

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/46402>

RIGHT:

## 原 報

超 高 圧 に 就 て (第 一 報)  
超高圧瓦斯\* 圧縮機並に反應管の製作に就て

歸 山 亮

## I 概 要

本邦に於て瓦斯圧は  $1000 \text{ kg/cm}^2$  を境界としてそれ以上は実施乃至報告されてゐない状況であつた當時  $5000 \text{ kg/cm}^2$  瓦斯圧縮機並に反應管の製作を完了したのであつた。

水圧乃至油壓或はプレスによる二方向からの圧縮による破壊試験機に於ては數千気圧は以前より使用されてゐたものである。然しながら任意の瓦斯に就ては數千気圧の圧縮操作は行はれてゐなかつた。

火薬の爆發を密閉器内で行ふとき發生瓦斯は數千気圧に容易になり得る。然しながら此の場合は瓦斯の種類乃至は瓦斯の混合の割合は限定される。又温度、圧縮速度に對して調節は容易のことではない。數千気圧下での瓦斯圧縮が實施されておらぬ状態の永續は許されぬことであらうと考へ本報告の數年前より基礎的吟味を行ひ此の方面の工作を初めたのである。

本圧縮機及びその部分品が完成されて相當の日時を経過したのであるが、此處に數千気圧技術の必要性も考慮し、相當詳細に互つて報告することにした。

Fig. 1 は一聯の設備の系統圖であつて採用した方法を明瞭にしたものである。今 Fig. 1 に

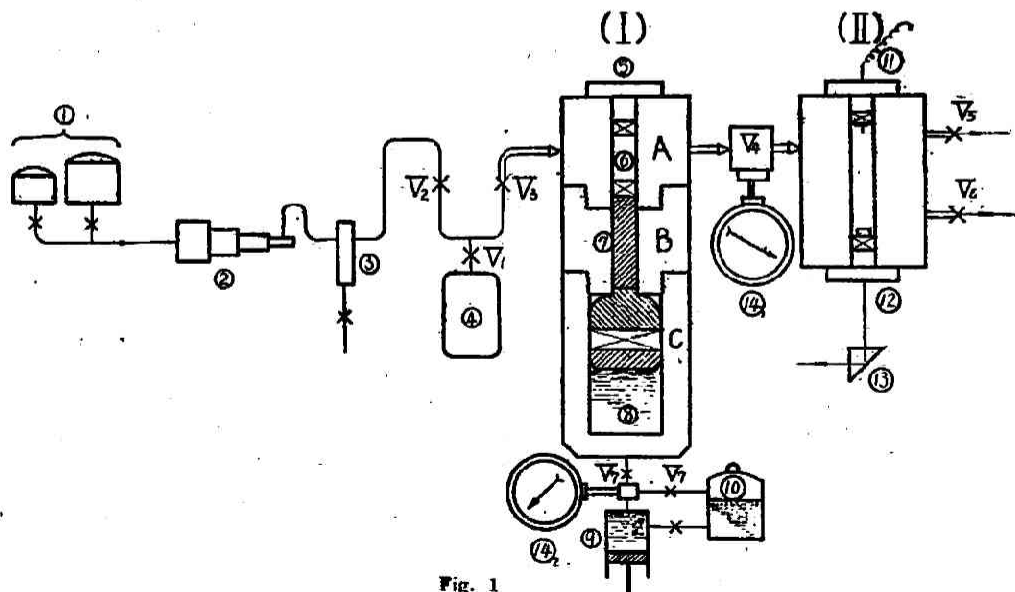


Fig. 1

\* 未だ工業化されてゐない  $1,000$  気圧以上の瓦斯の圧縮を指す。歸山, 本誌, 15巻, 1号, 1,6頁参照。

就て操作順に説明をする。①は常圧の瓦斯溜であり、バルブ×印を通じて②の壓縮機に入る。②は市販の壓縮機で四段よりなるものである。第一は  $4\sim 5\text{ kg/cm}^2$ 、第二は  $20\sim 25\text{ kg/cm}^2$ 、第三は  $120\text{ kg/cm}^2$ 、最終段  $500\text{ kg/cm}^2$  の四階程からなり豫備壓縮の目的に使用するものである。③は油分離器であつて①より共に入る恐ある水、壓縮中に瓦斯に混入する潤滑油等の壓縮瓦斯中に分散してゐるものを除去するものである。また壓縮機②よりパッキング、鐵片等の固型物が飛び込まぬとも限らぬから充分注意して瓦斯の清淨を行はねばならぬ。空氣壓縮の場合、此處で  $\text{CO}_2$  は勿論とり去らるべきであるが、油滴の存在は次の高次壓縮操作に危険を伴ふ恐あれば瓦斯の種類によつて、又は次の高次壓縮の程度によつて適當な手段が採用さるべきである。

④は  $500\text{ kg/cm}^2$  程度の壓の瓦斯溜で補助壓縮機②より次の (I) なる増壓機に瓦斯を壓入するときの調節乃至③と同様清淨装置ともなり得る。此の④なる加壓瓦斯溜は瓦斯の混合とか早急なる異種瓦斯の添加の目的に役立ち必要なときは  $V_1$  で閉じておく。此の容量は他の設備と異なり大きく内徑  $10\text{ cm}$ 、長さ  $100\text{ cm}$  を超ゆるものである。

②より  $500\text{ kg/cm}^2$  程度に豫め壓縮された瓦斯は  $V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_3$  の調節開閉により一定流速で (I) 系の増壓機の⑥に入る。⑥は増壓室で此處で瓦斯は  $500\text{ kg/cm}^2$  より  $5,000\sim 6,000\text{ kg/cm}^2$  に壓縮される。増壓機は三つの部分 A、B、C に分たれる。A は二重の管よりなる。内管は抗張力大で、弾性による伸びが小さい、即ち硬度が可成り大きい特殊鋼である。外管は即ち内管を締めつけておく外套管となるのであるから内管より伸びが大きく、硬度が内管より小さい特殊鋼である。

兩管は焼接めによつて組立てられてゐる。B は一重の管で A、C の繼ぎとなつてゐる外に⑦なるピストン系のガイドとして役立つ。B は二面が或る巾に互つて窓があげられてピストン系を窺ひ得るが、パッキング系故障の際、6 室から數千キロの瓦斯が噴出する恐がある。此の際の安全套となり得るものである。

B の窓に窺ひ得るピストンにはバーニヤーを附しその指針は B に刻まれた尺度の上で  $1/10\text{ mm}$  の正確度でピストンの位置を読みとることが出来る。C は B 外管の外套と同質の特殊鋼で水壓室⑧の耐壓容器である。⑧には⑥からの水—リズリン混合溶液が⑨の水壓ポンプで壓入される。A、B、C は窓が E はサネチにて接續されてゐる。⑦は徑の異つた複合ピストンであつて、上部の小直徑のピストンは大型ピストンの上に單に置いただけである。従つてピストン静止の場合は⑧内の壓は⑨内の壓と平衡を保つわけである。⑧室の瓦斯を壓縮するには⑨の水壓ポンプを運轉してピストン系を押し上げる。⑨のポンプは大直徑のピストンに接するから容易に小直徑のピストンに接する⑧室の壓力を上昇させることが出来る。斯の様に⑧室の氣壓が所要の壓力になつたとき  $V_3$  の特殊バルブを開き壓縮瓦斯を (II) の反應管に導入する。 $V_3$  のバルブは  $5,000\sim 5,000\text{ kg/cm}^2$  の瓦斯移動の調節バルブである。此のバルブはスピンドルを小型に作ることとスピンドルの動きを極めて徐々に加減出来ることが肝要である。瓦斯は  $5,000\text{ kg/cm}^2$  程度になれば極めて小容積となるからその流速の調節には極めて少しのスピンドルの動きも注意されねばならぬからである。

④は壓力計であつて圖には Bourdon 型の壓力計の如き外觀のものを記入してあるが、一般に此の形式の壓力計では  $5,000\text{ kg/cm}^2$  となれば測定は困難となつてくる。Bourdon 管にストレッチングを施した特殊鋼の管を用ひて讀もうとする試みもあるが、著者等が斯の如き試み

に對して製作せられたる Bourdon 計器 (Basset, Laboratoire des Recherches Scientifique aux Ultra Pressions Paris 製) を使用して見たる結果零點復歸は極めて困難であつた。此のため筆者は蓄電器型、電気抵抗型の壓力計を試みんとしたのであるが、壓力に或る誤差を許容するならば水壓器⑨に附した壓力計⑩で、その壓力に平衡してゐる壓力として、ピストン比を乗じて⑩の壓を求めることが出来る。此のためには⑦のピストン系が圓滑に A, B, C 内を滑動せねばならない。而して A, B, C はピストンの構造上三段に分たれてネチ篋にしたもので此のピストンの滑動に就ては特に製作上考慮を拂はねばならない。尙その上此のピストンには一回の押上げによつて所要壓に達するのであるから一回の衝程は可成りの長さである。即ちピストン全長として 56 cm, 小ピストン 22.5, 大ピストン 33.5 cm であるから製作上苦心された處と考へねばならない。又ピストンの滑動に就ては工作上精密に行けば例へばピストン摩擦面がピストンの長いため大きくなつても、目的壓から見れば大きくはなり得ない。即ちピストンの受ける全荷重は自重を除いて  $5,000 \text{ kg/cm}^2$  で 35 噸餘であるからである。

A, B, C がネチ込みであるため工作上その接続には或る範圍に於て偏心を許容されねばならぬ。此の負擔を逃れるため (Basset の前出の彼の實驗室に於ては⑦のピストンを結びつけてゐるが) 筆者は此の徑の異なる複合ピストンを切り離なして小徑ピストンを大徑ピストンの上に單に載せておくだけにするを實行したのである。二片に分けることの他の有利な點は長いピストンの工作に容易なこと、ピストンを別個に取り替へるに便利であること等である。それは大ピストンと小ピストンの材質を各々が別途に切断された大きさに於て選ぶことが出来ること、磨り合せ工程に於て容易なこと、組立に便利であることである。組立に於ては小ピストンに入れねばならぬパッキングは大ピストンに入れるパッキングに比して消耗激しく、パッキングの入替に便利であることなど要求され好都合の點が多い。

V<sub>1</sub> のバルブの開放によつて、 $5,000 \text{ kg/cm}^2$  程度の瓦斯は (II) なる反應管系に噴出する。(II) は (I) の A と同様のデメンジョンである。たゞ (I) の A は⑤なる蓋が一方で塞ぎ他の一方はピストンが嵌入してゐるのであるが、(II) に於ては⑤と同様の構造の蓋が兩端にあるだけの差である。⑪, ⑫の此等の蓋には代表的に電気絶縁栓と光學窓を夫々附屬せしめた。此等は必要に應じ、その同種のもの二枚を取り付け得る様にしてある。⑪は反應管の内部溫度を必要によつて上昇出来る様電熱の端子として役立つものである。⑫は内部が覗き得る場合、又は⑪の代りに⑬を挿入して外から光を與へて覗く場合の光學窓である。兩者共何れも使用時に於ては試験済のものであつても安全を保證されぬ筈がある。それで⑪, ⑫は安全蓋を設けてある。電気絶縁栓には電線だけ引けばよいのであるが、光學窓には⑭なるプリズムを蓋に備へて危険を逃れてゐるのである。V<sub>6</sub>, V<sub>7</sub> は V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub>, V<sub>3</sub> と同一構造のもので V<sub>3</sub> と共に V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub> の普通鋼材を用いたのと異なり、材質は特殊鋼を使用したものである。V<sub>6</sub>, V<sub>7</sub> は反應乃至物理恒數測定の際瓦斯を流す必要あるときの開閉、調節に役立つ。此等は何れも、 $5,000 \text{ kg/cm}^2$  程度から安全に硝子の洗機を通じて流速自在に流し出し得て危険はない。

(II) の反應管は  $200^\circ \text{C}$  以上に内壁がなることを避けねばならぬ。内管が焼き戻される恐れがおこってくるからである。そのため内部溫度を極めて高くするときには内管内に熱絶縁物のシリンダーを嵌め込む必要がある。此の絶縁性がよければ高溫度の取扱も差向へないが、尙安全のために外管内壁に螺旋溝を切り冷却水を流し得る様に製作されてある。

本装置の運轉を簡単に述べると次の如くである。 $500 \text{ kg/cm}^2$  の豫め壓縮された瓦斯が⑥に

入る。此の瓦斯送入の速度を一定に保ちながら、⑧の液を徐々に  $V_7$  をあけて流す。此の際複合ピストンは一體となつて降下する。或る一定量の豫備壓縮瓦斯を⑥に入れると  $V_3$  と  $V_7$  の一つを閉ぢ⑨を運轉してピストンを上昇せしめ、 $V_4$  を開いて所要壓の瓦斯を反應管に流入させる。流入速度は⑨のポンプと  $V_4$  によつて調節を行ふことが出来る。増壓せられた壓力は⑩で絶えず讀むことが出来るのである。⑪、⑫の部分品は反應時に於て適宜組合せを變へて使用する。反應管に於ける瓦斯の取出は  $V_5$ 、 $V_6$  によつて行ふことが出来る。

以上で一般的に一聯の  $5,000 \text{ kg/cm}^2$  裝置の説明を終つたのである。

## II 超高壓瓦斯壓縮裝置及反應管各部に就て

### (i) 配管に就て

Fig. 1 に於て②の豫備壓縮機に入る迄は瓦斯管或は水道管と稱せられるものを使用して問題でないから觸れる必要はない。然しながら②、③、④を連結せる  $V_3$  迄は  $500 \sim 1000 \text{ kg/cm}^2$  で安全な高壓パイプを使用せねばならぬ。高壓用の引抜鋼管に對しては特に使用向を理解しての製作でなければ安心して用ひられぬ。従つて水壓試験を嚴重に行ふ必要がある。

試験方法は使用箇所は常溫であるが、油壓で  $500 \text{ kg/cm}^2 \times 3$  の耐壓試験を行ふたのである。安全係数のとり方に對しては區々であるが、要するに使用條件と使用期間が問題である。試験には反覆加壓を數回行ふた、6 m/m 外徑、1 m/m 内徑のものと 10 m/m 外徑、3 m/m 内徑のものを使用した。加壓時に於けるパイプ容積の膨脹を見る試験は行はれなかつた。勿論此に平行してパイプを切斷して  $1 \text{ (m/m)}^2$  の抗張力を測定して鋼並の値を得てをから差がないとして使用した。6 m/m 鋼管は 2, 3, 4 の接続に主として用ひ、10 m/m 鋼管は⑨と⑪の⑧室の連絡に用ひた。デメンションから云へば 10 m/m 管は 6 m/m 管に對して脆弱であるから水壓系に用ひたのである。

此等の鋼管は配管の際には曲げねばならぬが、成る丈け複雑な曲げは避け繼手乃至チーズを使用することにした。高壓パイプは赤熱して曲げることは勿論であるが、焼鈍操作は注意して行ふた。500  $\text{kg/cm}^2$  配管には或は此等の鋼管は必要以上のデメンションであり、曲げ操作に對して嚴格に過ぎると考へられるが増壓機の容量増加のためには②に  $1,000 \text{ kg/cm}^2$  補助壓縮機を用ひねばならぬから、その點を考慮したのであつた。

パイプ連結には先端の接續部の締附けによる歪の發生も考慮し或る程度の肉厚の餘裕は持たねばならぬ。後に述べる如く裝置は小型なため配管用には小口径のパイプを使用したためネチ切りは可成りの肉厚を犠牲にせねばならなくなつた。500  $\text{kg/cm}^2$  乃至 1000  $\text{kg/cm}^2$  配管の繼手、チーズは普通鋼を用ひたのである。

繼手、チーズの鋼管との連絡は  $5,000 \text{ kg/cm}^2$  パイプ連絡と同様袋ナットにパイプをネチ嵌して締附ける方法をとらなかつた。フランジにパイプをネチ嵌して此のフランジを二ヶ、大型のパイプ (5,000 Kg の場合) 使用の際は三ヶのボールド締めにして、パイプ先端の過重締附けを避けようとした。ボールドの數の増加は締附けに對して困難を増すので假に一本に對して締附け壓力が減つても一利一害あるが、大型の袋ナット一個締附けよりは實施上容易であつた。

Fig. 1 の  $V_3$  と (I) の増壓機、(I) と  $V_4$ 、 $V_4$  と壓力計、 $V_4$  と (II)、(II) と  $V_5$ 、 $V_6$  の圖に二重線で示した連絡管は反應管乃至増壓機上部 A の内管材質と同様のものを使用した。而



して此には外套管として A 又は (II) の外套管と同質の材質を此にネチ嵌める方法をとつた。即ち此等の管は外面全面にネチ切りして、外套をネチ込んだのである。此のネチ切りは切削後グラインダー仕上で外套を締め込むのであつて安全覆乃至締付け効果を期待したのである。

此等のパイプは A の内管, II の内容と同質の特殊鋼の鍛造せるものを錐穴を穿つたものである。18 cm 程度の長さのもので外径 20 mm, 内径 1 mm である。長い錐穴を正確に穿つことは可成り困難なことであるが、適当な高圧管がないので止むを得ぬのである。穴をあけてから内面を充分に磨り上げて、僅かの粗面も除去せねばならぬ。

## (ii) バツキングに就て

Fig. 1, (5) の蓋, 複合ピストン二ヶ處, ①, ② の電気絶縁栓及び光學窓等に×印を施したものは自己締付けのバツキングを表はしたものである。何れも同じ原理によるものであつて、單に用ひる場所によつてその形状を少しく異にしてゐるだけである。Fig. 2, Fig. 3 はそれであつて前者はピストン系に使用の型で後者は蓋に用ひられてゐる型である。

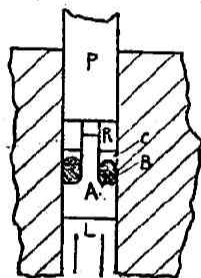


Fig. 2

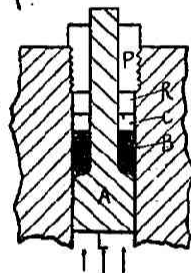


Fig. 3

Fig. 2 の P はピストンであつて、ピストン降下によつて L の壓を上昇させるのである。L に対する A は背形のものでシリンダー壁をピストンと同様滑動するものである。P は外力によつて L の壓力に抗して動き A を押し下げるが、此と同時に A は L の壓力によつて P と反對の方向に動く。その動きは A の莖が R なる鋼環内を滑動する様に行はれるのである。A の滑動の餘裕は B なるバツキングの弾性によるもので、B はコップ型の C 環に押へられてゐる。今 P の降下のため L に或る壓力の上昇を來す。此の際 A の L に対する面と A の背面 B を押す面とは面積に相違がある。その面積の差は A の莖を適當の大きにとり、B のバツキング材質と適合する様にすればよいのである。即ち L の壓力により B を締める壓力はデメンションによつて適當に大きくすることが出来るのである。従つて自動的に L の變動によつて A は B の締付けを行ふて漏洩を防ぐのである<sup>1)</sup>。圖の B は C のコップ状環に嵌る様にしてあるのであるが材質によつては此の形を採る必要なく簡單に平面でよい。

Fig. 3 は Fig. 2 と同様な自己締付けの原理による耐壓氣密蓋である。符號は Fig. 2 と同様である。A の莖が長くシリンダーにネチ止めされた P によつて保持されてゐる。L からの壓力を A が受けると P はシリンダーに固定してゐるから A のみが押し上げられ B を L より大きな壓力で締付けるのである。前同様 B の形は材質によつて適當に撰び、その大きさも考へ

1) 歸山, 本誌, 第15卷, 第1輯, 2頁.

ねばならぬ。此等は何れも使用して極めて便利であるが、何れの場合も初壓に漏れぬ様取り付けねば用をなさぬ。圧が目的の處まで上る迄に漏れることは自己締附がきかぬことであり、此の時はパッキング材質及びデメンションを考慮してその形状も撰ばねばならぬ。Fig. 3 に於ては斯の様なときは取替容易であるが、Fig. 2 使用の場合はそれ程輕便に取替が行かぬ。従つてパッキングに對しては材質の撰擇と大きさ、形状に就て試験を行はねばならぬが、筆者の場合  $5,000 \text{ kg/cm}^2$  程度迄莖は莖頭の半分の徑、Bは硬ゴムの圓盤環を用ひて簡単に目的を達してゐる。

パイプの連結は主として磨り合せによりパッキングを用ひない方針で行つた。

### (iii) 電氣絶縁栓に就て

反應管に電線を挿入して加熱を行ふとき、又は電氣的測定の場合電氣絶縁栓が必要となつてくる。Fig. 4 は此の目的に使用するものであつて (II) の反應管の蓋に取附けられる。此の漏洩なしに取附けするには Fig. 3 の A の締附けと同じ方法によるのである。此處で問題とするのは電氣絶縁物質の挿入方法である。

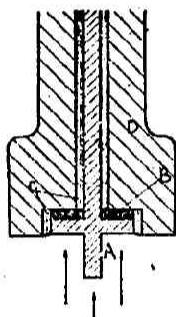


Fig. 4

Aは電極棒であり、Bは雲母板であつてパッキング及び絶縁に役立つ。Cは同様絶縁用雲母の薄板を巻いた環である。電極棒のフランジの雲母板面に當る處は充分よく磨くことが必要である。AをDに取附けて氣密にして漏洩を防ぐには Fig. 3 の A の締附けと同様にすればよい。従つて雲母板Bは電氣絶縁を兼ね Fig. 2 のBと同様の役割りをする。

Fig. 2, Fig. 3 何れも、Aの莖とCの環は空隙のためガタ附かぬ様にせねばならぬ。Aの頭とシリンダーの間も同様である。Bが流れ出して耐壓の目的を達せぬからである。此のことが Fig. 4 のBとAの莖、AとDの空隙に於ても同様守らねばならぬ。雲母はゴムの様に流出することが少ないことは明らかであるが、耐壓の増すためにはAとDの空隙を狭めねばならぬ。然しながらAとDの間に絶縁物質を入れねばならぬから、或る制限以上その空隙をつめることは出来ぬ。

絶縁物質は一般に脆弱を免れぬから本装置の中で電氣絶縁栓が最も弱點となるものである。耐電壓は雲母を適當に剝離して充分乾燥すればよい。耐熱も雲母なれば相當のものと思はれるが、使用するに當つて雲母の前處理及び使用瓦斯の種類によつては反應物質のため絶縁が悪くなる恐もあるから使用に際して注意せねばならぬ。

### (iv) 光 學 窓

化學反應の際、或は物理恒數測定に光學窓を設けることが必要となつてくる。此には Fig. 5

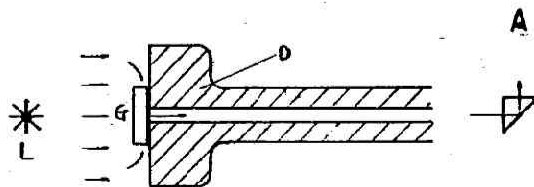


Fig. 5

に示す様にDの頭部に透明物質ガラス、水晶等を載せればよいのである。Dを(II)の蓋に取付けるのはFig. 3~4と同様である。G, Dはその接觸面を充分磨き接着物質なしで自己締付けの方法で気密となる。GのDへの取付けには初圧でもれぬ様注意せねばならない。矢は圧の方向で、Lは見んとする反応管内の目的物である。Gの破壊のために測定者の危険を防止するにプリズムを使ふことはFig. 1に示された通りである。此處で肝腎なことはGとDの磨き合せである。G, D各單獨に充分磨いても駄目で兩者で磨り合して磨かねばならぬ。兩者共よく磨いたものは接着剤なしでDにGを押へつけたままで強力に密着して離れない様になる。此の程度にまでする必要がある。Dには硬度の高いものを用ひGと同程度にまでもつてくることが理想である。此の様なAとGとの間に第三物質を入れると高圧に於ては總て流れ出し耐壓の目的は達せられぬ。

### III 連續運轉に就て

本装置を連續運轉するにはFig. 1の(I)を二基使用するのである。Fig. 6にそれを示す。工場設置の壓縮機乃至Fig. 1の①に於ても壓縮瓦斯吐出に脈動がある。此の脈動を少くするに同容量では廻轉數をあげれば脈動の週期が早くなり、一定の吐出量から見れば脈動は押へられた結果となるが、原則的には脈動の存在には何等變りはない。Fig. 1の④は②の壓縮機に對して可成り大きい容量であるから脈動を押へ得るが④の此の場合の設置はこの目的のみではない。5,000 kg/cm<sup>2</sup>に於て此の様な脈動を與へず操作することは望ましいことである。この程度の壓縮瓦斯の脈動は相當の衝撃を装置に與へるから、本装置の如く反應管に電氣絶縁栓、光學窓等の衝撃に對する脆弱部を有する場合は特に考慮されねばならぬ。

本装置一基に對して豫備壓縮 500 kg/cm<sup>2</sup> で一回の反應管への注入量は常壓の空氣で30立であるから一回の注入で實驗室机上の實驗程度は充分あるわけである。然し更に多量使用の必要ある時はピストンを降下させ新に 500 kg/cm<sup>2</sup> を吸入加壓して吐出することを続けねばならぬ。ピストンの全行程を利用すれば吐出の停止時間が長くなり、反應の中斷の恐あり、ピストン降下を僅かにして短時間に流入すれば脈動の原因を招く。此のためFig. 6に示す様に本装置を(I)なる増壓機二基を使用し複式とし交互運轉可能な組合せとする。圖に就て説明するに(記號はFig. 1と同じ)  $V_3$ に來る豫備壓縮瓦斯は左の(I)が壓縮工程であれば右の(I)に入る。此の際左の(I)の壓縮工程は 5,000 kg/cm<sup>2</sup> の吐出時であつて  $V_4$ を経て(II)の反應管への注入工程となる。左側の(I)が注入工程末期となり豫備壓縮瓦斯吸入に至れば右側の(I)が此に代る。此の操作を連續的に行ふことによつて實驗室では殆どひ得ない多くの量となる。⑨なる水壓機は目下は手押であるが、必要に應じて動力をかけ得る様設置に便な構造をとつた。⑨の連續運轉の場合は  $V_3$ ,  $V_4$ の各バルブの開閉を自動的に行ふればよい。②の豫備壓縮機は市販の何れもが同様であるが、最終段の吐出瓦斯に對するシ

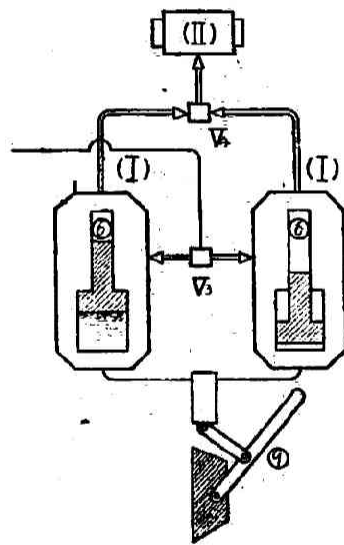


Fig. 6



リンドーは一個であつて、各段のシリンダーより見れば小口径のもので、それ等と同回転数である。此に反し (I) の増壓機は②の最終段のピストンの 10 m/m に對し 30 m/m、衝程は②の 45 m/m に對し 120 m/m となつてをり⑥室は一種の壓力溜となり得るものである。(I) の二組の此の様な大きい徑のピストンで交互に押し出すことは準靜的に瓦斯を (II) に壓入する。様工作されてゐるものと考へられる。

尙本装置の大きさを知るに必要な數字を二、三擧げて他の實驗室的な容量のものと比較して見る。

前に述べた如く (I) の増壓機の一つの容量は空氣で  $0.03 \text{ m}^3$  である。手押ポンプで數分で他の一つが壓縮されるとして一時間少くとも十回の行程は 5,000 氣壓で容易である。従つて空氣で毎時凡そ  $0.3 \text{ m}^3$  近くの容量である。此は直徑 2 cm の長さ 10 cm の觸媒容量に對してその空間速度として凡そ 10,000 を賄ふこととなり、物理化學的な基礎實驗に對しては充分餘裕のあるものである。また此處での計算は  $500 \text{ kg/cm}^2$  の豫備壓縮であるが、 $1,000 \text{ kg/cm}^2$  豫備壓縮を必要によつて動員すれば容量は倍加される。

水壓機⑨は瓦斯の高壓に於ける性質がわかれれば動力で運轉することが出来るから Fig. 6 の  $V_3$ ,  $V_4$  が自動的に動くならば壓縮量は此から order が遙に上昇することは當然である。

此の方法によれば毎時のピストンの運轉数が問題となるが、高速度運轉は装置のバックングの上から可成り困難な問題であると同時に相當大きな容量の動力を要することになる。勿論壓縮に要するエネルギーは壓力の對數に比例して案外小さいのである。日産 5 噸のクロード<sup>2)</sup>法の壓縮機の最終段のピストンが徑 3 cm、衝程 30 cm から比較して見れば本装置は相當な容量であることが了解される。

現在迄高壓の實施例は蒸氣機關の數十氣壓より各種の合成瓦斯工業の數百氣壓乃至千氣壓に及んでゐるが、數千氣壓の實施例は重砲の工作及び使用に限られてゐる。従つて從來の數千氣壓實施例は極めて短時間の斷續された狀態での使用である。本装置は連續的に重砲氣壓の狀態におかれるものであるから、耐壓管の降伏防止のため巨大な装置になると考へられるが、壓を上昇すれば却つて装置を小さくせねばならない。殊に研究用としては小型を必要とし特に部分品の製作には工夫を要する。従つて小型材料使用のため大きな鋼材に見る様な材料強度の不均一の不安は極めて少ないと考へられる。

#### IV 使用材料に就て

(i) 鐵材 吳海軍工廠より供給せられた特殊鋼二種は二重管、特殊バルブ、導管、ピストンその他であつて、總て増壓後の高壓に曝露されてゐる個處に用いた。その他、市販特殊鋼、軟鋼は場合により適宜用いた。

(ii) 鋼 自己締附バックング、バルブ等の坐金として使用した。

(iii) 水晶 光學窓用に磨いたもので、熔融無水硅酸である。内部に小さい氣泡が可成り存在するものである。耐壓に對して或は將來此れが破壊の核となる恐ありと考へねばならぬ、結晶水晶及び硝子材に對して未だ充分な試験に至つてゐない。

(iv) 雲母 結晶の成るだけ大きいものを剝離、切斷して用いたのである。絶縁用としては

2) Claude, *chimie et industrie* 11, 1055 (1924).

場合によつては空氣浴の乾燥を行つた。

(v) その他自己締附けのパッキングとして天然、人造(二種類)のゴム、ファイバー等を使用した。尚水壓機はリスリン、壓縮機油等を使用した。

何れも各材料は此後使用の経過に従つて適當な機會にその結果に就て報告する。

## V 總 括

高壓を得る原理は要するに極めて簡單である。抗張力の大きな材料に穴をあけ此に氣體を充し、この穴の口からピストンを押し込めばよいのである。然し實際到達される高壓の極限は二つの技術如何である。即ち裝置全體に互つての漏洩と使用材質の降伏の防止である。

本報告を終るに當り終始變らぬ御指導を賜はつた堀場教授に厚く感謝し、協力を興へられた堀場研究室各員に謝意を表す。

海軍吳工廠、日本學術振興會の直接的御援助並びに計畫時期より日本物理化學研究會を通じて御援助を興へられた各位に深甚なる感謝の意を表す。

研究費の一部は文部省科學研究費に依つた。茲に厚く感謝の意を表す。

京都帝國大學理學部化學教室

物理化學研究室

(昭和19年11月15日受理)

## ULTRA PRESSURE.

### I. Making of a Gas Compressor and a Reaction Vessel for an Ultra Pressure.

By RYO KIYAMA.

#### (Abstract)

The technique, as a routine work, of increasing the pressure is difficult according to the degree of the pressure and the object of its use. The nature of the substances to be compressed may determine the degree of difficulty: the compression of a gas is more difficult than that of a liquid and that of a monoatomic gas is far more difficult. But the principle of the technique of compression is simple: it is to drive a piston without any leakage of gas into a hole made in steel.

From the standpoint of this principle, the high pressure technique requires two great means indispensable for any apparatus—the prevention of leakage and the prevention of the yielding of the material used.

Experiments must be performed by various measurements, in which many kinds of attachments, such as electrodes and optical windows, are used. The present author, after examining the attachments hitherto made, tried to make an apparatus more appropriate for ultrapression as well as such attachments convenient for the use in the laboratory.

The procedure with the apparatus is as follows: a gas under 1 atmosphere is compressed to 500 kg/cm<sup>2</sup> and 1,000 kg/cm<sup>2</sup> by means of a preliminary compressor. The gas thus compressed is introduced into an intensifier, which intensifies it to 5,000–6,000 kg/cm<sup>2</sup>. This intensifier has a compound piston consisting of two pieces, each being different in diameter. The piece of the larger diameter is kept in contact with glycerine and the other with the gas. By compressing the glycerine into the intensifier with a hydraulic pump, the compound piston begins to rise and leads to the intensification of the pressure of the gas preliminarily compressed. The gas compressed to 5,000–6,000 kg/cm<sup>2</sup> is introduced through a valve into the reaction vessel in which the experiments are carried out.

The reaction vessel has attachments such as the electrode and the optical window. The inlet and outlet of the compressed gas are controlled with valves which must be different in structure according to the use.

Continuous running of a large quantity of gas into the reaction vessel is made by alternative use of two intensifiers. The area of the gas-side piston of the intensifier is 7 times as large as that of the final-stage piston of the preliminary compressor and so, if necessary, the pump is driven by hand, though the motion of hydraulic pump may be slow.

The area of the gas-side piston of the intensifier is about  $1/6$  of that of the glycerine-side piston. Accordingly, supposing that there occurs no resistance in the pistons, the pressure on the gas is 6 times as high as the pressure on the glycerine. The resistance by the pistons and the position of the pistons in equilibrium will be discussed later.

*The Department of Physical Chemistry,  
Chemical Institute, Kyoto Imperial University.*

*(Nov. 15, 1944)*